巨大芽孢杆菌对 1~70 日龄扬州鹅生长性能、屠宰性能、脏器指数及血清生化指标的影响

蔡中梅　王志跃*　杨海明　丁文骏　靳世磊　张艳云

（扬州大学动物科学与技术学院，扬州 225009）

摘　要：本文旨在研究巨大芽孢杆菌对 1~70 日龄扬州鹅生长性能、屠宰性能、脏器指数及血清生化指标的影响。选择 260 只 1 日龄健康、体重相近的扬州鹅公鹅，随机分成 4 组，每组 5 个重复，每个重复 13 只。对照组（I组）饲喂基础饲粮，试验组（II、III、IV组）分别饲喂添加 20、40、60 mg/kg 巨大芽孢杆菌的试验饲粮。试验期 70 d。结果表明：1）IV组 14、56 日龄仔鹅体重显著大于对照组（P<0.05），28、42 日龄仔鹅体重极显著大于对照组（P<0.01）；IV组 1~28 日龄仔鹅平均日增重极显著高于对照组（P<0.01），显著高于 II 组（P<0.05），IV组 1~28 日龄仔鹅料重比显著低于II组（P<0.05），极显著低于III组（P<0.01），III、IV组 29~70 日龄仔鹅平均日采食量显著高于对照组（P<0.05）。2）IV组全净膛率、半净膛率显著高于对照组（P<0.05），胸肌率、腿肌率、腹脂率各组之间无显著差异（P>0.05）。3）IV组肌胃指数、空肠指数显著高于对照组（P<0.05）。4）II组高密度脂蛋白胆固醇含量显著高于IV组（P<0.05），低密度脂蛋白胆固醇含量显著低于对照组（P<0.05）。由此可见，添加巨大芽孢杆菌可以改善仔鹅生长性能，对其全净膛率、半净膛率、肠道发育、血清中高密度脂蛋白含量、低密度脂蛋白含量有一定的影响，添加量为 60 mg/kg 时效果较好。

关键词：巨大芽孢杆菌；仔鹅；生长性能；屠宰性能；脏器指数；血清生化指标

中图分类号：S835

芽孢杆菌作为一种耗氧性革兰氏阳性杆菌，具有耐酸耐热等特性。芽孢杆菌进入动物体肠道内能够消耗氧气，使得大肠杆菌、沙门氏菌等耗氧有害菌难以生存，从而有利于动物健康生长[1]。有研究指出，芽孢杆菌进入动物体肠道以后能产生活性较强的脂肪酶、淀粉酶和蛋白酶等，对碳水化合物具有较强的降解能力，提高动物对营养物质的消化利用率[2]。巨大芽孢杆菌（*Bacillus megaterium* 1259，BM1259）是从土壤中分离、提取出来的一株具有除

收稿日期：2015-09-28

基金项目：公益性行业(农业)科研专项经费项目（201303144）；扬州市科技支撑计划项目（YZ 2014143）；扬州大学“新世纪人才工程”资助

作者简介：蔡中梅（1989-），女，江苏盐城人，硕士研究生，从事家禽生产研究。E-mail：1020108673@qq.com

*通信作者：王志跃，教授，硕士生导师，E-mail：　dkwzy @263.net

臭等独特作用的菌株。戴承镛[3]研究显示，饲粮中添加巨大芽孢杆菌不仅稳定性、安全性高，而且具有其他饲用芽孢杆菌的功用。目前，巨大芽孢杆菌在减少蛋鸡、猪等排泄物恶臭气体的挥发方面有一定的研究报道[4]，但是在动物机体生长性能方面研究较少，尤其在饲用于鹅的研究方面鲜有报道。本试验在饲粮中添加巨大芽孢杆菌，以研究其对仔鹅生长性能、屠宰性能、脏器指数及血清生化指标的影响，为巨大芽孢杆菌在鹅饲粮中的合理利用积累试验数据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

巨大芽孢杆菌 1259 制剂是由扬州大学动物科学与技术学院动物营养教研室“新型生物饲料添加剂-BM1259 的研制”课题组研发的微生态制剂，其主要成分为 BM1259（专利号 ZL200510091277.0），活菌数为 1×10^{10} CFU/g。试验动物为 1 日龄扬州鹅公鹅，购自扬州市扬州鹅种鹅场。

1.2　试验设计与饲粮

选用 260 只 1 日龄健康、体重相近的扬州鹅公鹅，采用单因子试验设计，随机分为 4 组，每组 5 个重复，每个重复 13 只。对照组（I组）饲喂基础饲粮，试验组（II、III、IV组）在基础饲粮中分别添加 20、40、60 mg/kg 巨大芽孢杆菌制剂（每克饲粮中含有的活菌数分别为 2×10^5、4×10^5、6×10^5 CFU），试验期为 70 d。采用舍内网上平养，自由采食和饮水，自然光照。

试验饲粮主要参照本课题组历年的研究成果，以玉米、豆粕为基础原料，饲粮配制前测定原料代谢能值、粗蛋白质及粗纤维含量，基础饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of basal diets（air-dry basis）　　%

项目 Items	含量 Content	
	1~28 日龄 1 to 28 days of age	29~70 日龄 29 to 70 days of age
原料 Ingredients		
玉米 Corn	64.99	61.20
豆粕 Soybean meal	26.49	24.92
玉米蛋白粉 Corn gluten meal	1.60	0.00

稻壳 Rice hull	3.25	10.21
石粉 Limestone	1.10	1.10
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.20	1.20
蛋氨酸 Met	0.07	0.07
食盐 NaCl	0.30	0.30
预混料 Premix[1)]	1.00	1.00
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]		
代谢能 ME/（MJ/kg）	11.80	11.13
粗蛋白质 CP	18.24	16.66
粗纤维 CF	4.05	6.89
赖氨酸 Lys	0.87	0.81
蛋氨酸 Met	0.35	0.31
钙 Ca	0.87	0.89
总磷 TP	0.63	0.61

[1)] 预混料为扬州大学饲料厂提供，每千克预混料含 The premix was provided by the *Yangzhou* University Feed Company, per kg of premix contented: VA 1 200 IU,VD_3 400 IU,VE 1 208 mg, VK 400 mg,VB_1 2.2 mg,VB_2 5.5mg,VB_6 380 mg,VB_{12} 1 mg,烟酸 nicotinic acid 3g,*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 12 mg,叶酸 folic acid 500 mg,生物素 biotin 0.4 mg,胆碱 choline 1 500 mg,Fe（as ferrous sulfate）6 g,Cu（as copper sulfate）5 g,Mn（as manganese sulfate）9.5 g,Zn（as zinc sulfate）9 g,I（as potassium sulfate）50 mg,Se（as sodium sulfate）30 mg。

[2)] 营养水平均为计算值。Nutrient levels were calculated values.

1.3 指标测定

1.3.1 生长性能

分别在 14、28、42、56、70 日龄当天 08:00 对试验鹅进行空腹称重（停饲 6 h），准确记录采食量、剩料量，统计各组试验鹅日采食量、增重情况，计算平均日增重（ADG）、平均日采食量（ADFI）、料重比（F/G）。

1.3.2 屠宰性能

试验第 70 天从各重复选取 2 只接近平均体重的扬州鹅进行屠宰试验，测定指标包括：半净膛率、全净膛率、腿肌率、胸肌率、腹脂率，测定方法参照《家禽生产性能名词术语和度量统计方法》（NY/T823-2004）。

1.3.3　脏器指数

将心脏、肝脏、脾脏、胸腺、法氏囊、腺胃以及剥离周围脂肪的肌胃（去除内容物及角质膜）、各肠段（去除内容物）分别迅速称重并计算脏器指数，计算公式如下：

脏器指数（%）=100×内脏器官重/活重。

1.3.4　血清生化指标

试验第 70 天 08:00 从各重复选取 2 只接近平均体重的试验鹅，空腹翅静脉采血 5 mL/只，经高速离心机离心后取血清。采用 UniCel DxC-800 Synchron 全自动生化分析系统（beckman coulter，美国）测定血清中甘油三酯（TG）、胆固醇（TC）、葡萄糖（GLU）、高密度脂蛋白胆固醇（HDL-C）及低密度脂蛋白胆固醇（LDL-C）含量。

1.4　数据统计分析

试验数据采用 SPSS 17.0 中单因素方差分析（one-way ANOVA）进行分析，结果以“平均值±标准误”表示，差异显著后进行 LSD 多重比较，以 P<0.01（差异极显著），P<0.05（差异显著）作为差异显著性判断标准。

2　结　果

2.1　巨大芽孢杆菌对 1~70 日龄仔鹅体重及生长性能的影响

由表 2 可知，饲粮中添加巨大芽孢杆菌对 14、28、42、56 日龄仔鹅体重均有不同程度的影响。与对照组相比，IV组 14、56 日龄仔鹅体重显著增加（P<0.05）；IV组 28、42 日龄仔鹅体重极显著增加(P<0.01)，其中II组 28、42 日龄仔鹅体重与IV组相比差异显著(P<0.05)，III组 42 日龄仔鹅体重与Ⅳ组相比差异显著（P<0.05），巨大芽孢杆菌对 70 日龄仔鹅体重无显著影响（P>0.05），但II、III、IV组与对照组相比有逐渐增加的趋势。

表 2　巨大芽孢杆菌对 1~70 日龄仔鹅体重的影响

Table 2　Effects of *Bacillus megatherium* on body weight of geese from 1 to 70 days of age　　g

日龄 Day of age	组别 Groups			
	I	II	III	IV
1	105.93±1.15	106.38±1.43	106.86±1.39	106.76±1.12

14	623.96±11.79[a]	650.35±11.80[ab]	647.16±10.84[ab]	660.71±8.68[b]
28	1 520.78±26.13[Aa]	1 553.28±24.70[ABa]	1 567.38±25.14[ABab]	1 625.38±23.96[Bb]
42	2 582.59±48.93[Aa]	2 658.64±46.98[Ba]	2 639.01±49.18[Ba]	2 806.77±48.65[Bb]
56	3 395.45±61.48[a]	3 449.87±61.24[ab]	3 475.09±58.73[ab]	3 595.03±52.86[b]
70	3 779.64±69.78	3 793.54±67.64	3 802.29±67.50	3 923.62±56.34

同行数据肩标相同字母或无字母表示差异不显著（*P*>0.05），不同小写字母表示差异显著（*P*<0.05），不同大写字母表示差异极显著（*P*<0.01）。下表同。

In the same row, values with the same or no letter superscripts mean no significant difference（*P*>0.05）, while with different small letter superscripts mean significant difference （*P*<0.05）, and with different capital letter superscripts mean extremely significant difference （*P*<0.01）. The same as below.

由表 3 可知，IV组 1~28 日龄仔鹅 ADG 与对照组相比极显著提高（*P*<0.01），与II组相比显著提高（*P*<0.05），而IV组 1~28 日龄仔鹅 F/G 与对照组相比差异不显著（*P*>0.05），与II组相比显著降低（*P*<0.05），与III组相比极显著降低（*P*<0.01）。III、IV组 29~70 日龄仔鹅 ADFI 与对照组相比显著提高（*P*<0.05）。巨大芽孢杆菌对 1~70 日龄仔鹅生长性能没有显著影响（*P*>0.05），但 ADFI、ADG 与对照组相比呈逐渐增加的趋势。

表 3　巨大芽孢杆菌对 1~70 日龄仔鹅生长性能的影响

Table 3　Effects of *Bacillus megaterium* on growth performance of geese from 1 to 70 days of age

日龄 Day of age	项目 Items	组别 Groups I	II	III	IV
1~28	平均日采食量 ADFI/g	105.41±0.99	108.29±1.38	112.93±1.63	109.03±4.61
	平均日增重 ADG/g	50.43±0.93[Aa]	51.44±0.89[ABa]	52.43±0.89[ABab]	54.36±0.87[Bb]
	料重比 F/G	2.09±0.01[ABab]	2.11±0.03[ABa]	2.15±0.03[Aa]	2.00±0.03[Bb]
29~70	平均日采食量 ADFI/g	232.57±3.73[a]	236.10±3.65[ab]	243.95±4.52[b]	246.10±3.06[b]
	平均日增重 ADG/g	53.93±1.31	53.17±1.33	53.39±1.31	54.33±1.19
	料重比 F/G	4.31±0.09	4.44±0.09	4.57±0.11	4.53±0.11
1~70	平均日采食量 ADFI/g	205.97±5.73	206.62±3.00	211.32±4.66	212.07±3.85
	平均日增重 ADG/g	52.50±1.09	52.55±0.97	52.93±0.96	54.58±0.82
	料重比 F/G	3.92±0.04	3.93±0.04	3.99±0.08	3.89±0.04

2.2 巨大芽孢杆菌对 70 日龄仔鹅屠宰性能的影响

由表 4 可知，与对照组相比，IV组 70 日龄仔鹅全净膛率、半净膛率显著提高（P<0.05），II、III、IV组腿肌率相比于对照组分别提高了 1.35%、3.05%、5.67%，但差异不显著（P>0.05），巨大芽孢杆菌对各组腹脂率没有显著影响（P>0.05），但与对照组相比，II、III、IV组腹脂率分别提高了 13.86%、14.19%、16.83%。

表 4　巨大芽孢杆菌对 70 日龄仔鹅屠宰性能的影响

Table 4　Effects of *Bacillus megaterium* on slaughter performance of geese at 70 days of age

项目 Items	组别 Groups I	II	III	IV
活重 Live weight/g	3 628.20±73.05[a]	3 709.82±37.18[ab]	3 683.84±65.11[ab]	3 857.86±65.71[b]
全净膛率 Eviscerated rate/%	70.13±1.95[a]	71.22±1.04[ab]	72.59±0.57[ab]	73.87±1.27[b]
半净膛率 Semi-eviscerated rate/%	77.87±1.95[a]	79.55±1.14[ab]	80.72±0.62[ab]	82.32±1.34[b]
胸肌率 Breast muscle rate/%	9.67±0.57	10.31±0.34	10.24±0.28	10.11±0.46
腿肌率 Leg muscle rate/%	14.10±0.46	14.29±0.29	14.53±0.19	14.90±0.42
腹脂率 Abdominal fat rate/%	3.03±0.24	3.45±0.16	3.46±0.22	3.54±0.26

2.3　巨大芽孢杆菌对 70 日龄仔鹅脏器指数的影响

由表 5 可知，饲粮中添加巨大芽孢杆菌对 70 日龄仔鹅肌胃指数、空肠指数有一定的影响，其中IV组肌胃指数与对照组相比显著提高（P<0.05），II、III组腺胃指数与对照组相比没有显著差异（P>0.05），但有逐渐提高的趋势，IV组空肠指数显著高于I、II、III组（P<0.05）。而巨大芽孢杆菌对其他脏器指数无显著影响（P>0.05）。

表 5　巨大芽孢杆菌对 70 日龄仔鹅脏器指数的影响

Table 5　Effects of *Bacillus megaterium* on viscera indices of geese at 70 days of age　　%

项目 Items	组别 Groups I	II	III	IV
心脏指数 Heart index	0.60±0.02	0.60±0.01	0.60±0.01	0.63±0.03

肝脏指数 Hepatic index	2.03±0.09	1.97±0.08	1.96±0.07	2.08±0.07
肌胃指数 Gizzard index	2.55±0.09^{a}	2.63±0.05^{ab}	2.65±0.08^{ab}	2.90±0.15^{b}
腺胃指数 Proventriculus index	0.27±0.01	0.27±0.01	0.28±0.01	0.28±0.01
脾脏指数 Spleen index	0.08±0.01	0.09±0.01	0.09±0.01	0.09±0.01
法氏囊指数 Bursa index	0.04±0.00	0.04±0.00	0.04±0.00	0.05±0.01
胸腺指数 Thymus index	0.22±0.02	0.20±0.02	0.20±0.03	0.24±0.02
十二指肠指数 Duodenum index	0.29±0.02	0.30±0.01	0.29±0.02	0.32±0.02
空肠指数 Jejunum index	0.60±0.05^{a}	0.60±0.03^{a}	0.62±0.03^{a}	0.76±0.06^{b}
回肠指数 Ileum index	0.54±0.03	0.54±0.03	0.52±0.04	0.62±0.07
盲肠指数 Rectum index	0.16±0.03	0.16±0.01	0.16±0.01	0.17±0.01

2.4 巨大芽孢杆菌对 70 日龄仔鹅血清生化指标的影响

由表 6 可知，IV组高密度脂蛋白胆固醇含量与II组相比降低了 16.46%，差异显著（P<0.05），同时II组低密度脂蛋白胆固醇含量与对照组相比降低了 42.76%，差异显著（P<0.05）；此外甘油三酯、葡萄糖、总胆固醇含量与对照组相比，差异均不显著（P>0.05）。

表 6 巨大芽孢杆菌对 70 日龄仔鹅血清生化指标的影响

Table 6 Effects of *Bacillus megaterium* on serum biochemical parameters of geese at a 70 days of age mmol/L

项目 Items	组别 Groups Ⅰ	 Ⅱ	 Ⅲ	 Ⅳ
葡萄糖 GLU	11.88±0.31	12.11±0.48	12.02±0.21	12.06±0.36
甘油三酯 TG	0.93±0.14	1.33±0.19	1.13±0.14	1.22±0.15
总胆固醇 TC	3.82±0.11	3.92±0.08	3.79±0.12	3.72±0.15
高密度脂蛋白胆固醇 HDL-C	1.75±0.08^{ab}	1.91±0.09^{a}	1.84±0.10^{ab}	1.64±0.08^{b}
低密度脂蛋白胆固醇 LDL-C	1.45±0.34^{a}	0.83±0.05^{b}	1.03±0.13^{ab}	1.15±0.21^{ab}

3 讨　论

3.1　巨大芽孢杆菌对 1~70 日龄仔鹅生长性能的影响

微生态制剂对消化道菌群主要是通过占位原理进行调节，在动物机体生长早期，消化道菌群还没定植完全，而是处于动态变化的状态，所以尽早使用微生态制剂能够促进动物机体建立更有利于健康的肠道微生物菌群，从而有利于动物生长[5-6]。芽孢杆菌是需氧菌，能消耗肠道内大量的游离氧，使得需氧有害菌因缺氧而受到抑制，此外，芽孢杆菌在生长繁殖过程中能产生抗菌蛋白，对部分病菌具有抵抗作用[7]。从本次饲养试验中发现，添加巨大芽孢杆菌的各组仔鹅健康状况良好，没有发现明显的拉稀、饲料便、水便、西红柿样粪便等象征肠道菌群失调或肠道有害菌感染的异常症状。

在 ADG 方面，本试验研究发现巨大芽孢杆菌对仔鹅早期的生长性能影响显著，其中Ⅳ组（60 mg/kg 巨大芽孢杆菌）对 1~28 日龄仔鹅 ADG 影响显著，与对照组相比极显著提高，与Ⅱ组（20 mg/kg 巨大芽孢杆菌）相比显著提高，该结果显示巨大芽孢杆菌对仔鹅早期的生长速度有显著促进作用，而且在 20~60 mg/kg 的添加量范围内高浓度促生长效果高于低浓度添加量。与本结果相似，吕景旭等[8]在肉仔鸡的前期研究也发现，芽孢杆菌（凝结芽孢杆菌和地衣芽孢杆菌）能显著提高肉鸡的 1~3 周龄 ADG(提高 4.9%)。陈家祥等[5]用地衣芽孢杆菌饲喂早期肉鸡，发现 50 mg/kg 地衣芽孢杆菌添加量效果最佳，与对照组相比，ADG 显著提高了 17.86%。本试验中添加巨大芽孢杆菌虽然对前期 ADG 影响显著，但对全期（1~70

日龄）ADG 影响不显著，与谭莉等[9]在肉鸡上的研究结果相似。本试验结果显示，扬州鹅前期饲料中添加 60 mg/kg 巨大芽孢杆菌可显著提高 ADG。

在饲料转化效率方面，各试验组与对照组差异不显著，结果暗示，由于 60 mg/kg 巨大芽孢杆菌添加组在 1~28 日龄阶段体重显著增加而 F/G 与对照组无显著差异，说明巨大芽孢杆菌能够促进仔鹅快速增长，有可能使后期出栏时间提前，降低管理费用，提高经济效益。Ⅳ组 1~28 日龄仔鹅 F/G 与Ⅱ组相比显著降低，但与Ⅲ组（40 mg/kg 巨大芽孢杆菌）相比极显著降低，该结果显示高浓度的巨大芽孢杆菌添加量具有改善仔鹅的饲料转化效率的作用。与本研究结果不同，刘磊等[7]在肉仔鸡饲粮中添加不同剂量的芽孢乳杆菌，研究结果显示，添加 100 mg/kg 芽孢乳杆菌对 1~3 周的 F/G 影响不显著。本试验中添加巨大芽孢杆菌对后期（29~70 日龄）F/G 无显著影响，与刘磊等[7]研究结果相似。而陈家祥等[5]发现添加 50 mg/kg 地衣芽孢杆菌使 F/G 显著降低了 10.98%，与本试验研究结果不一致。这可能与不同芽孢杆菌增殖能力及其代谢活性的不同，以及动物品种不同有关，而对鹅的相关研究未见报道，巨大芽孢杆菌对 1~28 日龄仔鹅 F/G 的影响机制还需要进一步研究。

在 ADFI 方面，添加 40、60 mg/kg 巨大芽孢杆菌能显著提高 29~70 日龄仔鹅 ADFI，这与陆银等[10]研究结果不同。原因可能是巨大芽孢杆菌引起仔鹅体重上的差异，需要加大采食量来满足机体生长，也可能与菌种不同有关，具体机制还需进一步研究。

此外，虽然巨大芽孢杆菌对全期生长性能无显著影响，但对 1~56 日龄的体重均有显著影响，说明巨大芽孢杆菌对仔鹅的生长具有一定的促进作用。而 70 日龄仔鹅体重各组之间差异不显著，原因可能是饲养期最后 2 周是夏季闷热多雨的时候，温度在 31~35 ℃之间，影响了鹅后 2 周的采食量，从而在一定程度上阻碍了鹅的生长发育。

芽孢杆菌改善生长性能的主要原因可能是其在动物肠道内生长繁殖能够产生多种营养物质及各种酶类，从而提高肠道内蛋白质、能量及脂肪的水解及利用效率[11]。李小刚[12]在蛋鸡饲粮中添加巨大芽孢杆菌，发现添加量为 40 mg/kg 时能显著提高饲粮中能量、钙、粗蛋白质及多种氨基酸的代谢率，这也验证了巨大芽孢杆菌的促生长机制。

3.2 巨大芽孢杆菌对 70 日龄仔鹅屠宰性能的影响

屠宰性能是评定肉用动物生长性能的重要指标，它反映了营养物质在不同组织及同一组织不同部位中沉积量的差异。本试验研究结果表明，巨大芽孢杆菌添加量达到 60 mg/kg 时，70 日龄仔鹅全净膛率、半净膛率显著提高。崔宇等[13]在肉鸡饲粮中添加枯草芽孢杆菌，发现全净膛率、半净膛率显著提高了 3.38%、1.83%，这与本试验结果相似。此外，本试验中

虽然各组间腿肌率没有显著差异，但呈现逐渐上升的趋势，这与陆银等[10]研究结果相似。本试验结果说明添加巨大芽孢杆菌能显著提高扬州鹅的产肉性能，原因可能是巨大芽孢杆菌能分泌如蛋白酶、淀粉酶等消化酶，从而降解食入饲粮中蛋白质及多肽产生游离氨基酸，提高蛋白质利用率，促进动物机体内蛋白质合成[12]，而蛋白质是促进肌肉生长的物质基础，肌肉中蛋白质含量高达 80%以上[14]。周立强等[15]研究发现，添加 0.15 g/kg 枯草芽孢杆菌能极显著提高粗蛋白质的吸收利用率。有研究指出，蛋白质水平或其利用率的提高，动物机体的产肉性能得到改善，全净膛率、半净膛率显著提高[16-18]。

本试验中腹脂率没有显著差异，但呈现逐渐上升的趋势。原因可能是添加益生菌提高了饲粮中能量的利用率，从而导致腹部脂肪沉积量增加，腹脂率提高。Sen 等[19]研究表明，在肉鸡饲粮中添加 0.3%枯草芽孢杆菌，其饲粮中总能的利用率显著提高。李小刚[12]研究指出，巨大芽孢杆菌添加量达到 40 mg/kg 时，饲粮中总能代谢率显著提高。孙小沛[20]在肉鸡颗粒饲粮中分别添加 3 种不同类型芽孢杆菌制剂，结果发现，能量利用率分别显著提高了 6.61%、5.99%、9.45%。刘蒙等[21]研究发现当饲粮中代谢能水平由 12.122 MJ/kg 提高到 13.376 MJ/kg 时，北京油鸡的腹脂率由 0.21%显著提高到 0.56%。众多研究表明，腹部脂肪沉积随着能量水平增加或能量利用率提高而显著增加。本研究中随着巨大芽孢杆菌添加量增加，腹脂率提高，可能暗示了巨大芽孢杆菌提高了饲粮中能量的利用率。芽孢杆菌对屠宰性能的不同影响可能与动物品种、益生菌的种类、添加量及其活性成分含量的不同有关。

3.3　巨大芽孢杆菌对 70 日龄仔鹅脏器指数的影响

脏器指数是动物机体内脏器官与活体质量的比值，常用来表示内脏器官的生长发育状况，而内脏器官的充分发育能够保证营养物质在器官中的有效沉积。脏器指数主要受品种及营养等因素的影响。本试验结果中，添加 60 mg/kg 巨大芽孢杆菌显著提高肌胃指数及空肠指数。任永军等[22]研究指出，复合芽孢杆菌制剂对肉兔肠道发育具有促进作用，特别对十二指肠、空肠、回肠绒毛高度和隐窝深度的比值具有显著影响。张相伟[23]研究饲用芽孢杆菌对鸡肠道发育的影响，结果显示，芽孢杆菌促进了肠道黏膜的生长发育，增强了小肠对营养物质的吸收功能。以上试验结果说明益生菌进入动物消化道后，对肠道黏膜进行不断刺激，促进黏膜发育，增加肠道绒毛高度及其上皮细胞数量，同时，益生菌通过竞争抑制、产生代谢产物等方式抑制有害菌在动物胃肠道内定植，从而间接促进胃肠道发育[24]。

3.4　巨大芽孢杆菌对 70 日龄仔鹅血清生化指标的影响

在动物机体脂肪代谢过程中，高密度脂蛋白（HDL）是颗粒大小、功能及组成不均一的

一类脂蛋白，通过前β-HDL、HDL_3、HDL_2 递交代谢过程而逐渐成熟[25]，其作用是将胆固醇从肝外组织转运到肝脏进行代谢，而低密度脂蛋白是将肝脏合成的内源性胆固醇运送到肝外组织供机体需要。HDL 增多，有助于清除血管内多余的胆固醇，有利于心血管健康[26]。而血清中低密度脂蛋白含量升高是动脉粥样硬化心脑血管疾病的主要危险因子[27]。本试验中，添加 20 mg/kg 巨大芽孢杆菌能显著降低血清中低密度脂蛋白胆固醇含量，20 mg/kg 巨大芽孢杆菌添加组，其高密度脂蛋白胆固醇含量显著高于 60 mg/kg 添加组，说明巨大芽孢杆菌添加量较多反而降低了血清中高密度脂蛋白胆固醇含量，分析其原因可能是添加巨大芽孢杆菌引起血液中甘油三酯水平上升，当甘油三酯水平升高时，血清中 HDL_2 含量下降[28]，而颜丙玉等[29]研究发现 HDL_2 含量与高密度脂蛋白胆固醇含量呈显著正相关关系，当 HDL_2 含量下降时，会导致高密度脂蛋白胆固醇含量降低，但其具体原因还需进一步研究。

通过试验结果发现，20 mg/kg 巨大芽孢杆菌添加组总胆固醇含量最高，随着添加比例的增加，总胆固醇含量反而降低，辛娜等[30]研究发现，芽孢杆菌对蛋鸡血清中胆固醇含量无显著影响，胆固醇含量降低了 11.29%，这与本试验结果相似。有关研究报道指出，血清中胆固醇含量受到关键酶——羟甲基戊二酸单酰辅酶 A 活性的影响，而益生菌能抑制胆固醇合成过程中关键酶的活性，所以添加一定量的芽孢杆菌能够降低血清中胆固醇的含量。

本试验中添加巨大芽孢杆菌对血清低密度脂蛋白胆固醇含量具有显著影响，这与 Fukushim 等[31]研究结果相似。出现本试验结果的原因可能是巨大芽孢杆菌能降低血清中尿酸含量[12]，而 Gouri 等[32]研究指出，血清中尿酸含量降低，其低密度脂蛋白胆固醇含量也会减少，但具体原因还需要进一步研究。

4 结 论

① 添加 60 mg/kg 巨大芽孢杆菌对 1~28 日龄扬州鹅生长性能影响显著，且显著增加 56 日龄体重，提前出栏时间，提高经济效益。

② 添加 60 mg/kg 巨大芽孢杆菌对 70 日龄扬州鹅屠宰性能影响显著。

③ 添加 20 mg/kg 巨大芽孢杆菌显著提高 70 日龄扬州鹅血清中高密度脂蛋白胆固醇含量，显著降低低密度脂蛋白胆固醇含量，其具体作用机制有待进一步研究。

参考文献：

[1] 利明.日粮中添加芽孢杆菌对肉仔鸡生产性能和免疫功能影响的研究[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2009.

[2] BENUS R F J,VAN DER WERF T S,WELLING G W,et al.Association between *Faecalibacterium prausnitzii* and dietary fibre in colonic fermentation in healthy human subjects[J].British Journal of Nutrition,2010,104(5):693–700.

[3] 戴承镛.巨大芽孢杆菌及其制备方法、用途:中国,CN200510091277.0[P].2006-06-14.

[4] 霍永久,张艳云,施青青,等.芽孢杆菌 1259 制剂对生长肥育猪生产性能及猪粪氨气产生量的影响[J].江苏农业科学,2012,40(2):159–161.

[5] 陈家祥,张仁义,王全溪,等.地衣芽孢杆菌对肉鸡生长性能、抗氧化指标和血液生化指标的影响[J].动物营养学报,2010,22(4):1019–1023.

[6] FRECE J,KOS B,SVETEC I K,et al.Synbiotic effect of *Lactobacillus helveticus* M92 and prebiotics on the intestinal microflora and immune system of mice[J].Journal of Dairy Research,2009,76(1):98–104.

[7] 刘磊,朱立贤.芽孢乳杆菌对肉仔鸡生产性能、肠道发育和微生物菌群的影响[J].动物营养学报,2011,23(12):2136–2142.

[8] 吕景旭,王苏宁,黄秋实,等.肉仔鸡饲料中添加益生素的效果[J].中国饲料,1998(10):21–22.

[9] 谭莉,袁栋,张云兵,等.不同类型芽孢杆菌制剂对肉鸡生长性能和排泄物氨逸失的影响[J].动物营养学报,2012,24(5):877–885.

[10] 陆银,武旭峰,费拥军,等.复合益生菌对肉仔鸡的生长性能及屠体品质的影响[J].中国畜牧杂志,2013,49(1):50–53.

[11] MOLNÁR A K,PODMANICZKY B,KÜRTI P,et al.Effect of different concentrations of *Bacillus subtilis* on growth performance,carcase quality,gut microflora and immune response of broiler chickens[J].British Poultry Science,2011,52(6):658–665.

[12] 李小刚.巨大芽孢杆菌降低蛋鸡排泄物中氨和硫化氢机理的研究[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2012.

[13] 崔宇,刘文举,田颖,等.枯草芽孢杆菌对 AA$^+$肉鸡生产性能、屠宰性能及经济效益的影响[J].饲料研究,2014(23):5–8.

[14] 杨凤.动物营养学[M].2 版.北京:中国农业出版社,2000:36–40.

[15] 周立强,兰丽燕,徐春生,等.枯草芽孢杆菌对黄羽肉鸡生长性能及营养物质代谢率的影响[J].中国畜牧兽医,2012,39(2):71–74.

[16] 张立元.日粮蛋白质水平对优质鸡生长、屠宰性能及部分肉品质性状的影响[D].硕士学

位论文.扬州:扬州大学,2006.

[17] 叶慧,蒋启东,杨琳.夏季气候下饲粮能量与蛋白水平对 30～60 日龄麻鸭生产性能及屠宰性能的影响[J].饲料工业,2013,34(12):24–29.

[18] 廖玉英,黄英飞,韦凤英,等.不同益生菌制剂对黄羽肉鸡生长性能、屠宰性能及肉品质的影响[J].中国家禽,2014,36(23):29–32.

[19] SEN S,INGALE S L,KIM Y W,et al.Effect of supplementation of *Bacillus subtilis* LS 1-2 to broiler diets on growth performance,nutrient retention,caecal microbiology and small intestinal morphology[J].Research in Veterinary Science,2012,93(1):264–268.

[20] 孙小沛.芽孢杆菌耐热性及其对肉鸡养分利用率和促生长机理的研究[D].硕士学位论文.泰安:山东农业大学,2013.

[21] 刘蒙,宋代军,齐珂珂,等.日粮代谢能水平对北京油鸡脂肪沉积和 LPL 基因表达的影响[J].中国畜牧兽医,2009,36(5):9–13.

[22] 任永军,雷岷,邝良德,等.复合芽孢杆菌制剂对肉兔肠道发育和免疫功能的影响[J].动物营养学报,2014,26(1):144–152.

[23] 张相伟.饲用芽孢杆菌对鸡肠道发育和黏膜免疫调节作用的研究[D].硕士学位论文.武汉:华中农业大学,2008.

[24] RAUCH M,LYNCH S V.The potential for probiotic manipulation of the gastrointestinal microbiome[J].Current Opinion in Biotechnology,2012,23(2):192–201.

[25] 范永臻,王振坤,郭志刚.高密度脂蛋白——重要而又尚未攻克的靶点[J].心血管病学进展,2010,31(1):37–40.

[26] 周顺伍.动物生物化学[M].3 版.北京:中国农业出版社,2001:144–146.

[27] OTOKOZAWA S,AI M,ASZTALOS B F,et al.Direct assessment of plasma low density lipoprotein and high density lipoprotein cholesterol levels and coronary heart disease:results from the Framingham Offspring Study[J].Atherosclerosis,2010,213(1):251–255.

[28] 贾连群,勾蓝图,傅明德,等.血清总胆固醇、甘油三酯与高密度脂蛋白胆固醇比值同高密度脂蛋白亚类组成关系的研究[J].中国病理生理杂志,2006,22(1):75–79.

[29] 颜丙玉,徐燕华,傅明德,等.成都地区中老年人高脂血症患者血清 HDL 亚类组成的研究[J].中国病理生理杂志,2005,21(1):40–44.

[30] 辛娜,刁其玉,张乃锋,等.芽孢杆菌制剂对蛋鸡生产性能、血清指标及盲肠微生物的影响

[J].中国畜牧兽医,2011,38(10):5–9.

[31] FUKUSHIMA M,NAKANO M.The effect of a probiotic on faecal and liver lipid classes in rats[J].British Journal of Nutrition,1995,73(5):701–710.

[32] GOURI A,DEKAKEN A,BENTORKI A A.Serum uric acid level and cardiovascular risks in hemodialysis patients:an Algerian cohort study[J].Pakistan Journal of Biological Sciences,2013,16(17):852–858.

Effects of *Bacillus Megaterium* on Growth Performance, Slaughter Performance, Viscera Indices and Serum Biochemical Parameters of Geese from 1 to 70 Days of Age

CAI Zhongmei WANG Zhiyue* YANG Haiming DING Wenjun JIN Shilei ZHANG Yanyun

(*College of Animal Science and Technology*, *Yangzhou University*, *Yangzhou* 225009, *China*)

Abstract: The experiment was conducted to investigate the effect of *Bacillus megaterium* on growth performance, slaughter performance, visceral indices and serum biochemical parameters of geese from 1 to 70 days of age. Two hundred and sixty 1-day-old healthy male geese with similar body weight were randomly divided into 4 groups with 5 replicates in each group and 13 geese per replicate. The geese in control group (group Ⅰ) were fed a basal diet, and the others in experimental groups (groups Ⅱ, Ⅲ and Ⅳ) were fed basal diet supplemented with 20, 40 and 60 mg/kg *Bacillus megaterium*, respectively. The experiment lasted for 70 days. The results showed as follows: 1）the body weight of geese at 14, 56 days of age and 28, 42 days of age in group Ⅳ was significantly higher than that in control group Ⅰ ($P<0.05$ or $P<0.01$); the average daily gain of geese at 1 to 28 days of age in group Ⅳ was significantly higher than that in control group ($P<0.05$), and group Ⅱ ($P<0.01$); the ratio of feed to gain in group Ⅳ was significantly lower than that in group Ⅱ ($P<0.05$) and group Ⅲ ($P<0.01$); the average daily feed intake of geese at 29 to 70 days of age in groups Ⅲ, Ⅳ was significantly higher than that in control group ($P<0.05$). 2）The eviscerated rate and semi-eviscerated rate in group Ⅳ were significantly higher than those in control group ($P<0.05$), there were no significant difference in breast muscle rate, leg

*Corresponding author, professor, E-mail： dkwzy@263.net (责任编辑 武海龙)

muscle rate and abdominal fat rate among all experimental groups ($P>0.05$). 3） The gizzard index and jejunum index in group Ⅳ were significantly higher than those in control group ($P<0.05$). 4） The serum high density lipoprotein cholesterol content in group Ⅱ was significantly higher than that in group Ⅳ ($P<0.05$); and the serum low density lipoprotein cholesterol content in group Ⅱ was significantly lower than that in control group ($P<0.05$). Therefore, the diets of adding *Bacillus megaterium* can stimulate the growth performance of geese. They also have a certain influence on the eviscerated rate, semi-eviscerated rate, serum high density lipoprotein cholesterol content and serum low density lipoprotein cholesterol content, the effects of adding 60 mg/kg *Bacillus megaterium* in the diets of geese from 1 to 70 days of age are better.

Key words: *Bacillus megaterium*; geese; growth performance; slaughter performance; viscera indices; serum biochemical parameters